ÉTUDE DE LA COLONISATION FONGIQUE D'ÉPROUVETTES DE BOIS D'*ABIES REGILIOSA*

par Lina BETTUCCI*

RÉSUMÉ. — La colonisation des éprouvettes du bois d'*Abies religiosa*, enterrées dans [redacted] Andosol, [redacted] été étudiée durant une année saisonnière. Des 7680 éclats prélevés des zones aérienne, intermédiaire et de la base de l'éprouvette, et inoculés sur différents milieux de culture, 40,5 % étaient colonisés. La répartition des espèces, l'altération du bois et la distribution des isolements ont été analysés pour les trois zones. Une analyse factorielle a été effectuée afin de vérifier la distribution des isolements.

En général, les espèces isolées correspondent aux Moniliacées et aux Dématiacées. Les Basidiomycètes sont isolés précocement dans la zone aérienne et la base, plus tard dans la zone intermédiaire.

La colonisation par les champignons ne correspond pas à une succession régulière et constante des différentes espèces. Elle est caractérisée principalement par deux périodes d'accroissement, liées peut-être aux précipitations. Dans toutes les zones, on [redacted] reconnu la présence d'espèces qui produisent le bleuissement, les pourritures molle, brune ou blanche.

SUMMARY. — *Abies religiosa* wood stakes buried in an Andosol were studied throughout one seasonal year. From 7680 wood chips taken out of aerial, ground line and below ground zone of the stakes, inoculated in different culture media, 40,5 % were colonised. The distribution of the species, the wood alteration from the three zones of the stake, and the temporal distribution of all isolation were analysed. To verify the isolation distribution, a factorial analysis was also conducted.

Generally, the isolated species belong to *Moniliaceae* and *Dematiaceae*. Basidiomycetes were early isolated in aerial and below ground zones, and only later from the ground line zone.

There is no regular and constant pattern of succession of different species and we observed two periods of increasing isolation during the colonisation process, probably due to raining periods. Species producing blue stain, soft, white or brown-rot were isolated in the three zones of the stake.

RESUMEN. — Se estudió la colonización de estacas de madera de *Abies religiosa* enterradas en un Andosol durante un año estacional. Se inocularon astillas tomadas de las zonas aérea, intermedia y de la base de la estaca, en diferentes medios de cultivo. Las colonias provenientes de cada astilla se identificaron y se contabilizaron. Analizaron la repartición de las especies, la alteración de la madera y la distribución de los aislamientos de las tres zonas de la estaca durante el año de estudio. Se efectuó asimismo un análisis factorial por computadora [redacted] fin de verificar la distribución de los aislamientos.

* Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco. Departamento «El hombre y su ambiente». Mexico. D. F. Mexique.

De las 7680 astillas inoculadas en el año, el 40,5 % fueron colonizadas. Algunas especies lo fueron de forma constante, otras precozmente y finalmente otras tardiamente. La mayor parte de las especies corresponden a las *Moniliaceae* y *Dematiaceae*. Los Basidiomycetes se aislaron tempranamente de la zona aerea y de la base y más tarde de la zona intermedia.

Los resultados mostraron que la colonización por hongos no corresponde a una sucesión regular y constante de diferentes especies. Los estados serales tradicionales fueron capaces de coexistir a lo largo del proceso. Sin embargo se ha observado que la colonización está caracterizada principalmente por dos períodos de incremento relacionados, quizás, con las precipitaciones ocurridas en las semanas precedentes al desentierro y a los cambios del sustrato, entre otros factores. En las tres zonas de la estaca se aislaron especies que producen la mancha azul, la podredumbre blanca y las podredumbres blanca y castaña. La mancha azul se observó durante el primer período y las podredumbres durante el segundo.

MOTS CLÉS : Colonisation, champignons, éprouvettes enterrées, bois, *Abies religiosa*.

INTRODUCTION

A partir du schéma de décomposition des débris végétaux et du bois dans le sol, proposé par GARRETT (1963), de nombreuses études ont été conduites sur des morceaux de bois enterrés et les hypothèses ou les modèles de colonisation qui en ont été déduits, coïncident généralement.

CORBETT & LEVY (1963) ont étudié la colonisation de la zone intermédiaire et de la base de poteaux de *Pinus* sp. et *Betula* sp., enterrés durant 18 mois. Les résultats obtenus leur ont permis d'établir la chronologie de la colonisation suivante : Moniliales du Groupe I (*Penicillium* spp., *Trichoderma viride*, *Botrytis* sp.) ensuite Sphaeropsidales (espèces qui produisent une pourriture molle) puis Moniliales du Groupe II (*Gliocladiopsis* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Memmoniella* sp.) et finalement Basidiomycètes. Toutefois, cette succession n'est complète que pour la zone intermédiaire.

MERRILL & FRENCH (1966) de leur côté, sans faire de distinction entre la zone intermédiaire et la base, ont étudié la colonisation d'éprouvettes de *Pinus ponderosa* pendant 12 semaines. Ils ont trouvé que les premiers colonisateurs sont des Moniliales (*Penicillium* spp., *Fusarium* sp., *Trichoderma viride*, *Alternaria humicola*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ustus*), qui sont suivis par des espèces produisant une pourriture molle (ils ont observé cette altération mais n'ont pas isolé les espèces qui la causent) et enfin par des Basidiomycètes (*Trechispora brinkmannii*).

BUTCHER (1968), en observant les zones aérienne, intermédiaire et de la base d'éprouvettes d'aubier (*Pinus radiata*) pendant un an, a trouvé que dans la zone aérienne la succession ne dépasse pas la phase de moisissure. Dans la zone intermédiaire et la base, cette phase est suivie d'abord par celle des champignons qui produisent une pourriture molle (*Chaetomium globosum*, *Coniothyrium* sp. et *Cephalosporium* spp. ainsi que *Streptomyces*), ensuite par un second groupe de moisissures (*Gliocladium* spp., *Verticillium* sp.) et en dernier par des Basidiomycètes.

BANERJEE & LEVY (1971) après avoir étudié la colonisation d'éprouvettes de section semi-circulaire de *Pinus* sp. enterrées pendant dix mois, établissent le même schéma de succession dans les zones aérienne et intermédiaire (ils n'étudient pas la base) mais ils signalent que les espèces qui produisent la pourriture molle provoquent aussi une coloration dans le bois. C'est-à-dire qu'ils tiennent compte de l'étape de bleuissement que BUTCHER élimine pour ces deux zones.

LEVY (1982) suggère que les Basidiomycètes ne colonisent pas les bois en contact avec le sol, au moins pendant les trois premiers mois, et qu'ils représentent la mycoflore climax dans le processus de succession. S'ils sont absents, ce sont les espèces produisant la pourriture molle qui constituent ce stade. Par contre, KAARIK (1967, 1968), après des observations prolongées (4 ans) sur des poteaux de *Pinus* sp. et d'*Abies* sp. enterrés, n'a remarqué aucun changement dans la composition des communautés fongiques colonisatrices (*Fusarium* spp., *Phialophora* spp., *Cylindrocarpon* sp.) non productrices de pourriture blanche ou brune, tout au long du processus. Au contraire, il signale des différences entre les premiers Basidiomycètes isolés à partir de 4 à 6 mois d'exposition (faibles décomposeurs de lignine), et ceux qui colonisent le bois après un an et demi (décomposeurs actifs de lignine). Les Basidiomycètes lignivores qu'il a isolé sont différents selon la zone du poteau analysée. SWIFT (1982), d'autre part, soutient que les Basidiomycètes jouent un rôle décisif dans la décomposition des ressources primaires. L'isolement tardif du mycélium de Basidiomycètes doit être considéré comme la conséquence de leur faible vitesse de croissance par rapport à la vitesse de croissance et de sporulation des Zygomycètes et des Hyphomycètes (WARCUP, 1965).

SHARP (1975), quant à lui, n'observe pas de succession de champignons dans la colonisation de bois de petites dimensions de *Fagus sylvatica*, *Betula pendula*, *Tilia* sp., *Quercus* sp. et *Pinus sylvestris* enterrés dans le sol à l'intérieur de sacs plastiques, dans les conditions de laboratoire.

Pour tenter d'éclaircir cette situation, nous avons étudié l'évolution de la colonisation des zones aérienne, intermédiaire et de la base d'éprouvettes d'*Abies religiosa*, enterrées pendant un cycle saisonnier dans des conditions naturelles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les éprouvettes de bois utilisées proviennent toutes d'un même arbre (*Abies religiosa*) et mesurent 2,5 x 2,5 x 50 cm. Elles ont été desséchées à l'étuve jusqu'à poids constant, et enterrées en un lieu proche des pépinières du couvent situé à l'intérieur du Parc National «Desierto de Los Leones», au S. O. de la vallée de Mexico, à 2970 [redacted] au-dessus du niveau de la mer. A la fin de la période humide (Fig. 1), le 26 octobre 1976, les éprouvettes prises au hasard ont été plantées verticalement jusqu'à une profondeur de 25 cm, à 60 cm les unes des autres, sous couvert naturel de *Pinus patula*. Elles ont été déterrées au hasard de la façon suivante :

- de la première à la septième semaine, deux éprouvettes chaque semaine.

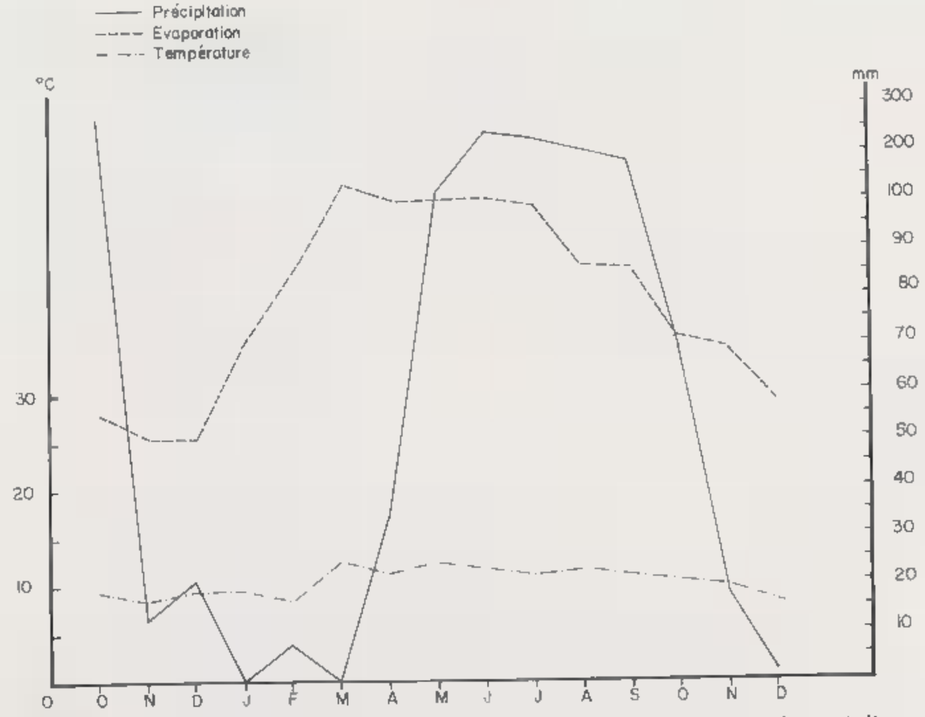


Fig. 1. – Climatogramme (——— précipitation, - - - évaporation, –.–.– température) d'une année (1976-1977).

Fig. 1. – Rain (———), evaporation (- - -) and temperature (–.–.–) fluctuations over one year (1976-1977).

- de la septième à la dix-neuvième semaine, deux éprouvettes toutes les trois semaines.
- de la vingtième à la cinquante-quatrième semaine, deux éprouvettes toutes les sept semaines.

Le choix des dates de prélèvement repose sur la nécessité de suivre en détail les premières étapes de la colonisation. Par la suite, ces dates coïncident avec les périodes de précipitations minimales et maximales dans l'aire d'étude (GARCIA, 1973).

Une fois déterrées, les éprouvettes sont lavées à l'eau courante, séchées avec un papier absorbant stérile, passées à l'alcool 96 % et flambées. A l'aide d'un bistouri, on extrait des éclats de bois de la zone aérienne (15 premiers cm), de la zone intermédiaire (5 cm) et de la base (20 derniers cm), des deux éprouvettes. Dans ces conditions, 5 cm de part et d'autre de la zone intermédiaire ne sont pas analysés. Les prélèvements sont effectués en surface jusqu'à 1,5 mm de profondeur et dans les régions profondes de 1,5 à 3 mm. Huit éclats pris au hasard sur chaque éprouvette et de chaque zone ont été respectivement incubés dans les milieux de culture suivants :

- Malt-gélosé acidifié (MERRILL & FRENCH, 1966) : gélose 20 g, malt 40 g, acide lactique 2 ml, eau distillée 1000 ml.
- Gélose-saline (MERRILL & FRENCH, 1966) : gélose 20 g, NaCl 70 g, malt 10 g, eau distillée 1000 ml.
- Gélose à la sciure (MERRILL & FRENCH, 1966) : gélose 20 g, sciure de bois d'*Abies religiosa* 6 g, eau distillée 1000 ml.
- Milieu de Russell (RUSSELL, 1956) : gélose 25 g, malt 30 g, peptone mycologique 5 g, ortho phénylphénol 0,06 g, eau distillée 1000 ml.
- Gélose-PCNB (KUHLMAN & HENDRIX, 1962) : gélose 20 g, bacto-peptone 5 g, $MgSO_4.7H_2O$ 0,25 g, KH_2PO_4 0,5 g, PCNB 190 p.p.m., streptomycine 100 p.p.m., acide lactique à 50 % 2 ml, alcool éthylique 20 ml, eau distillée 1000 ml.

Ces cinq milieux sélectifs ont été utilisés afin d'isoler le plus grand nombre possible d'espèces colonisatrices (SHARP & LEVY, 1973), même si BUTCHER (1968, 1971) considère que ceci peut fausser la signification des isolements par rapport à la communauté colonisatrice. Le choix d'un seul milieu de culture, comme il le propose, introduit une erreur plus grande parce qu'il ne permet pas d'isoler les organismes de faible aptitude compétitive dans des milieux peu spécifiques même s'il s'agit d'organismes capables de coloniser largement leur milieu naturel.

Ainsi, ont été mis à incuber à 19°C : 120 éclats (40 de chaque zone) de la région superficielle et 120 éclats (40 de chaque zone) de la région profonde de chacune des deux éprouvettes, soit au total 480 éclats expérimentés lors de chaque prélèvement et 7.680 pendant l'année d'étude.

Afin d'analyser le déroulement de la colonisation on a utilisé deux méthodes. La première était destinée à déceler la répartition des espèces fongiques pendant l'année d'étude grâce au dénombrement et à l'identification des isolements. La seconde avait pour but de vérifier, grâce à une analyse factorielle, les variations de la distribution des isolements de champignons tout au long de la durée de l'expérience, ainsi que les caractéristiques et la composition de la communauté colonisatrice de chaque zone. Il a été décidé de prendre pour variables les fréquences d'isolement de chaque semaine et de chaque zone.

On a utilisé pour cela la matrice complète des données, en considérant les régions de surface et profonde confondues.

RÉSULTATS

1. — Fréquence et répartition des isolements

40,5 % des éclats provenant de la région de la surface et de la région profonde confondues, ont été colonisés. On a effectué 3.102 isolements correspondant à 50 taxa, 1.057 de la zone aérienne, 1.017 de la zone intermédiaire et 1.028 de la zone de la base.

Semaine :	1	2	3	[redacted]	5	[redacted]	7	10	13	16	19	26	33	40	47	54
Bactéries	29	20	6	25	7	12	16	7	28	45	12	1	25	26	46	65
Actinomycètes																
Streptomyces sp.																
souche non identifiée		1		1												
Phycomycètes																
Absidia cylindrospora Hagem	1				1				1				1	1		1
Cunninghamella elegans Lendner																
Ascomycètes																
Talaromyces flavus (Klöcker) Stolk et Samson				1		3				5	3				3	
Dichotomomyces cejpii (Milko) Scott				5												
Basidiomycètes					1		3				1	3				
Deutéromycètes																
Moniliacées																
Aspergillus fischeri Wehmer			2		2	1	17	2		2	2					1
Basipetospora rubra Cole et Kendrick			2					1				[redacted]				
Candida albicans (Robin) Berkhout			1		2			9	6	3	1					
Cephalosporium curtipes Saccardo							1							10		
Cylindrocarpon candidum Link. ex Fr. Wollenw.																
Fusarium spp.	4	2	4	6	6	4	20	12	12	1	1	18	26	28	4	9
Penicillium spp.	8	6	7	12	15	5	3	5	23	10	11	17	6	6	4	[redacted]
Sporothrix schenckii Hektoen et Perkins		9						1								
Sporobolomyces roseus Kluyver et van Niel										1						
Trichoderma viride Pers. ex Gray	8	10	5	6	5		30	22	57	12	3	10	17	19		11
Dématiacées																
Alternaria humicola Oudemans	4	8	8	7	8	3	12	10	11	4		32	20	8	3	16
Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud				1		4	1	2				5				
Cladosporium herbarum (Pers.) Link ex Gray					3	3	4	4	6	7	6	7	26	20	6	5
Phialophora fastigiata (Lagerb. et Melin) Conant				7		2			21	9			1			
Stemphylium piriforme Bonorden	3	1			3		4					2				
Stigmella effigurata (Schw.) Hughes							3	1					12			
Stilbacées-Tuberculariacées																
Graphium sp.														10		
Sphaeropsidacées																
Phoma glomerata (Corda) Wollenw. et Hochapfel	2				4				1							
Mycelia sterilia																
Mycéliums hyalins stériles						1						[redacted]	8	4	3	10
Mycéliums foncés stériles															3	
Nematoctonus sp. s/nematode																

Tableau 1. – Fréquences d'isolements des principales espèces de champignons et de bactéries dans la [redacted] aérienne des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* enterrées.

Table 1. – Main fungal and bacterial species isolation frequencies in aerial zone.

Semaine :	1	2	3	4	[illegible]	[illegible]	7	10	13	16	19	26	33	40	47	54
Bactéries	38	17	18	31	32	20	24	20	29	53	14	14	34	61	82	64
Actinomycètes																
Streptomyces sp.																5
souche non identifiée					5											
Phycomycètes																
Absidia cylindrospora Hagem												1				
Cunninghamella elegans Lendner																
Ascomycètes																
Talaromyces flavus (Klöcker) Stolk et Samson											2	2				
Dichotomomyces cejpii (Milko) Scott																
Basidiomycètes										1	1	4			20	
Deutéromycètes																
Moniliacées																
Aspergillus fischeri Wehmer			2	9	5			1	2		1			1		
Basipetospora rubra Cole et Kendrick			1													
Candida albicans (Robin) Berkhout			1							2		2			2	
Cephalosporium curtipes Saccardo			2	3		1	1							3		
Cylindrocarpon candidum Link. ex Fr. Wollenw.																8
Fusarium spp.			4	3	21	3	22	8			9	29	5	6	5	15
Penicillium spp.	2	3	10	10	25	10	4	4	43	6	17	17	30	2	6	13
Sporothrix schenckii Hektoen et Perkins		4						4								
Sporobolomyces roseus Kluyver et van Niel										4						
Trichoderma viride Pers. ex Gray	25	18	8	34	4	37	25	24	59	8	21	17	28	7	12	24
Dématiacées																
Alternaria humicola Oudemans	3	2	3	2	[illegible]		11	13	13			2	4			4
Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud				1	3	1		1		3						
Cladosporium herbarum (Pers.) Link ex Gray			3	2	4	3		2	7	1	7	7	2	4	1	1
Phialophora fastigiata (Lagerb. et Melin) Conant	1		1			1			9	4						
Stemphylium piriforme Bonorden			1	1	4							1				
Stigmella effigurata (Schw.) Hughes													5			
Stilbacées-Tuberculariacées																
Graphium sp.												7	10	4		
Sphaeropsidacées																
Phoma glomerata (Corda) Wollenw. et Hochapfel																
Mycelia sterilia																
Myceliums hyalins stériles					2									25	6	10
Myceliums foncés stériles				1		1	1		3					10		1
Nematoctonus sp. s/nematode														1		

Tableau 2. — Fréquences d'isolements des principales espèces de champignons et de bactéries dans la zone intermédiaire des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* enterrées.

Table 2. — Main fungal and bacterial species isolation frequencies in ground line zone.

Semaine :	1	2	3	4	5	6	7	10	13	16	19	26	33	40	47	54
Bactéries	34	21	21	22	23	24	23	16	27	40	10	15	36	67	67	58
Actinomycètes																
Streptomyces sp.																
souche non identifiée														1		
Phycomycètes																
Absidia cylindrospora Hagem		1										2				
Cunninghamella elegans Lendner											2					
Ascomycètes																
Talaromyces flavus (Klöcker) Stolk et Samson										3	2					
Dichotomomyces cejpii (Milko) Scott																
Basidiomycètes					3		1								17	
Deutéromycètes																
Moniliacées																
Aspergillus fischeri Wehmer				7	3		5	4	4							
Basipetospora rubra Cole et Kendrick																
Candida albicans (Robin) Berkhout					2					1		1				
Cephalosporium curtipes Saccardo					1	1								2		
Cylindrocarpon candidum Link. ex Fr. Wollenw.																5
Fusarium spp.	2	2	5		14	6	36	14	1		9	21	20	3	23	8
Penicillium spp.	3	9	7	6	20	16	5	10	18	13	11	15	52	7	4	13
Sporothrix schenckii Hektoen et Perkins	1	4	2													
Sporobolomyces roseus Kluyver et van Niel										2						
Trichoderma viride Pers. ex Gray	10	16	6	30	20	20	39	28	61	3	18	8	10	5	11	25
Dématiacées																
Alternaria humicola Oudemans	2	5	1	2	14		16	4	20			9	9	3	4	4
Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud																
Cladosporium herbarum (Pers.) Link ex Gray	1	1			1		5	4	4	1	4	2	3	2	4	4
Phialophora fastigiata (Lagerb. et Melin) Conant										2						
Stemphylium piriforme Bonorden	1	1			6											
Stigmella effigurata (Schw.) Hughes													3			
Stilbacées-Tuberculariacées																
Graphium sp.											1	25	4			
Sphaeropsidacées																
Phoma glomerata (Corda) Wollenw. et Hochapfel					1											
Mycelia sterilia																
Mycéliums hyalins stériles					2		2					4		27	19	11
Mycéliums foncés stériles	1						1							7		
Nematoctonus sp. s/nematode												1				

Tableau 3. — Fréquences d'isolements des principales espèces de champignons et de bactéries dans la base des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* enterrées.

Table 3. — Main fungal and bacterial species isolation frequencies in below ground zone.

Les taxa colonisateurs présents dans les éprouvettes n'ont sûrement pas tous été isolés. Si les isolements proviennent d'éclats prélevés au hasard, néanmoins, les espèces isolées n'expriment sans doute qu'une partie de la communauté colonisatrice.

On a pu observer, sur les trois zones de l'éprouvette, un groupe d'espèces colonisatrices constamment isolées, tandis que d'autres espèces sont isolées précocement ou, au contraire, tardivement (Tab. 1-3). Enfin d'autres espèces, à cause de leur faible fréquence et de leur distribution, ont été accidentellement rencontrées.

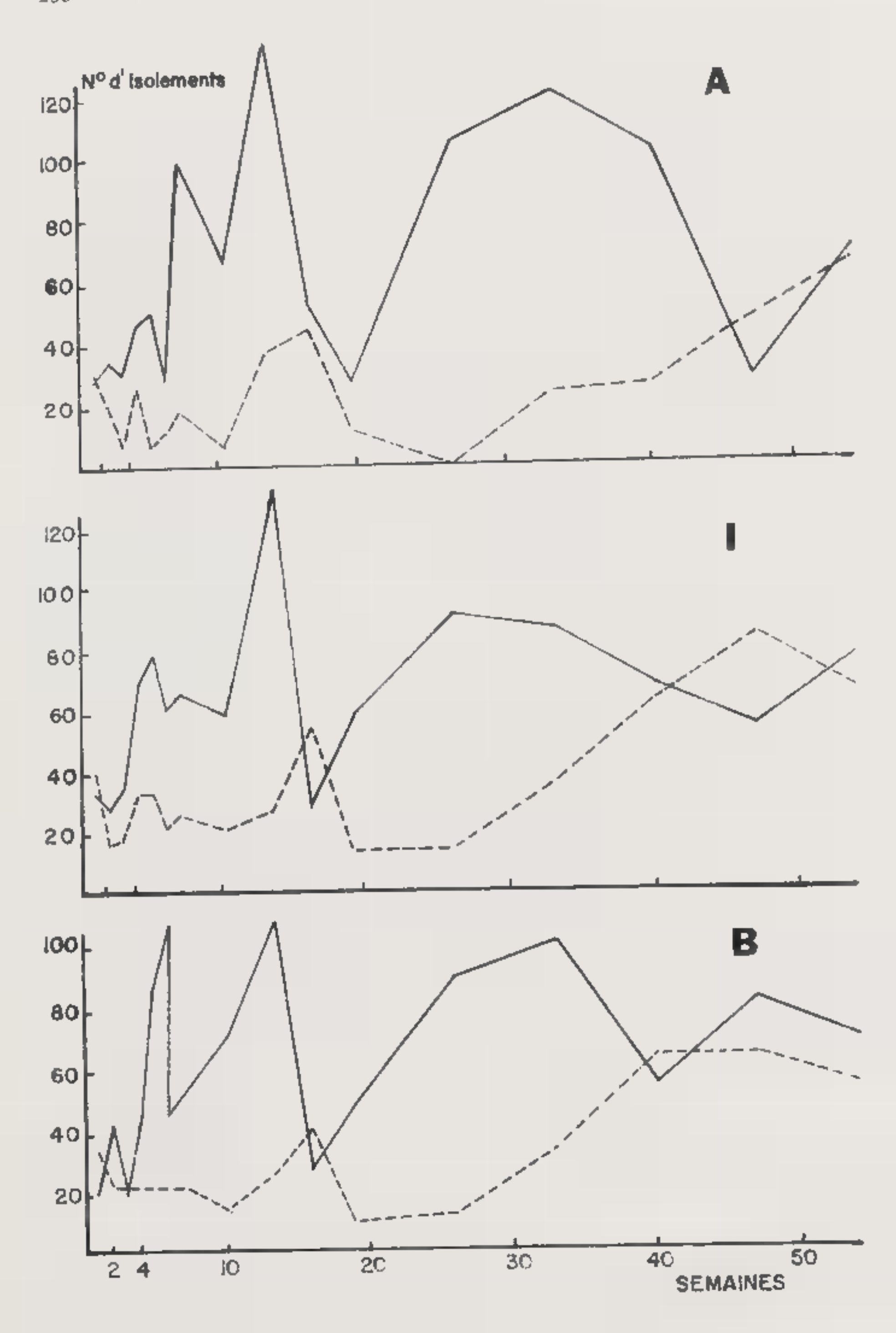
De tous les taxa isolés, ceux qui appartiennent aux Actinomycètes (Actinobactéries) ont été les moins fréquents. Les autres procaryotes (Eubactéries) ont été prises dans leur ensemble : en effet, la majorité des colonies isolées appartient au genre *Bacillus* sp. Les Zygomycètes sont peu fréquents et distribués dans les trois zones de l'éprouvette (sauf dans la zone aérienne où ils sont mieux représentés). Parmi les Ascomycètes, *Talaromyces flavus*, espèce colonisatrice de bois enterrés dans les sols d'horizons superficiels (SHARP, 1975), a été isolée avec une certaine régularité et une certaine fréquence de la zone aérienne de l'éprouvette. *Dichotomomyces cepjii*, l'autre espèce isolée, est accidentelle. Les Basidiomycètes ont été isolés avec des fréquences très faibles par rapport au total des isolements de chaque zone : 0,75 % dans la zone aérienne, 2,4 % dans la zone intermédiaire et 2,0 % dans la zone de la base. Les Basidiomycètes colonisateurs du bois ont des niches spécifiques selon, fondamentalement, la cellulose ou la lignine qu'ils dégradent, c'est la raison pour laquelle ce sont de mauvais concurrents des espèces moins spécialisées, et leur isolement sur les milieux de culture courants est toujours difficile. Cependant on a isolé 16 souches des trois zones de l'éprouvette tout au long de la durée de l'expérience. L'étude de leurs caractères culturaux a permis d'établir qu'en réalité, elles ne correspondent qu'à deux espèces (BETTUCCI, 1983). A la 40ème semaine on a observé la décomposition par pourriture cubique brune des dix derniers centimètres de la base de l'éprouvette et à la 54ème semaine une décomposition par pourriture blanche alvéolaire dans la zone intermédiaire et celle de la base.

Les Moniliacées et les Dématiacées sont les mieux représentées parmi tous les champignons isolés. Les principales espèces de Moniliacées et de Dématiacées colonisatrices des trois zones de l'éprouvette provenant de la même quantité d'éclats incubés sont exposés dans les tableaux 1 à 3. Les Dématiacées sont un peu plus abondantes dans la zone aérienne que dans la zone intermédiaire et la base. Les espèces sont les mêmes et le total des espèces les plus abondantes des Moniliacées et des Dématiacées atteignent respectivement 79,0 %, 81,3 % et 81,4 % dans les trois zones.

Les myceliums stériles, hyalins et foncés, ont été, en général, isolés tardivement, avec des fréquences élevées.

Zone aérienne

Les organismes pionniers de la colonisation ont été : *Alternaria humicola*, *Trichoderma viride*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Stemphylium piriforme*,


N° d' isolements
A
I
B
120
100
80
60
40
20
2
4
10
20
30
40
50
SEMAINES

Phoma glomerata, *Absidia cylindrospora* et les Bactéries.

Fusarium spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma viride*, *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum* et les Bactéries ont été isolés pendant toute la durée de l'expérience. *Cladosporium herbarum* néanmoins est apparu un peu plus tard.

D'autres espèces ont été isolées entre la 1ère et la 19ème semaine : *Aspergillus fischeri*, *Phialophora fastigiata*, *Stemphylium piriforme*, *Sporothrix schenckii*, *Candida albicans*, *Phoma glomerata*, *Aureobasidium pullulans*, *Stigmella effigurata*, *Talaromyces flavus* et *Basipetospora rubra*. De ces espèces *A. fischeri*, *Ph. fastigiata*, *B. rubra*, *A. pullulans*, *S. effigurata* et *T. flavus* n'ont été retrouvées qu'une fois à partir de la 26ème semaine. Une nette baisse des fréquences d'isolement des champignons a été observée vers la 13ème-16ème semaine et se prolonge jusqu'à la 19ème semaine (Fig. 2). Elle repose sur la diminution du nombre de colonies constamment isolées et des espèces isolées pendant la première période. *Talaromyces flavus*, *Sporobolomyces roseus*, *Hymenulla* sp. et *Helminthosporium* sp. n'ont été isolées que pendant ce laps de temps, avec une fréquence très faible mais *T. flavus* a aussi été rencontré de façon précoce et tardive avec une fréquence très faible.

On a reconnu aussi des espèces tardives, isolées à partir de la 26ème semaine : *Cephalosporium curtipes*, *Graphium* sp. et les mycéliums hyalins stériles. Vers la fin de l'étude, à la 47ème semaine, on a observé une nouvelle baisse de fréquence des isolements intéressant les espèces constantes (Fig. 2).

Les Bactéries ont été isolées pendant toute la durée de l'expérience mais on a aussi observé une diminution de fréquence, de la 16ème à la 26ème semaine avec un minimum à la 26ème semaine (Tab. 1 et Fig. 2).

Les Basidiomycètes ont été obtenus très tôt dès la 5ème semaine à partir de la région profonde, puis à l'époque où diminuent les autres espèces (19ème semaine) et enfin au début de la seconde période. Les fructifications de *Polyporus abietinus* ont été observées à partir de la 47ème semaine sur toute la zone aérienne mais on n'a pas isolé de mycélium bouclé des éclats de bois.

Les symptômes observés tout au long de la colonisation ont été : le bleuissement à partir de la 12ème semaine et la pourriture blanche associée aux fructifications de *Polyporus abietinus*.

Zone intermédiaire

Les organismes pionniers de la colonisation ont été : *Alternaria humicola*, *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp., *Phialophora fastigiata*, et des Bactéries. Ils sont légèrement différents de ceux de la zone aérienne.

Fig. 2. – Répartition du nombre de champignons (——) et de bactéries (- - -) prélevés dans les zones aérienne (A), intermédiaire (I) et la base (B) des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* enterrées.

Fig. 2. – Quantitative fluctuation in the fungi (——) and bacteria (- - -) isolations over one year, from aerial zone (A), ground line zone (I) and below ground zone (B).

Fusarium spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma viride*, *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum* et des Bactéries ont été isolées pendant toute la durée de l'expérience. Cependant *C. herbarum* ainsi que *Fusarium* spp. n'apparaissent qu'à partir de la 3ème semaine.

D'autres espèces ont été isolées entre la 1ère et la 16ème semaine : *Aspergillus fischeri*, *Phialophora fastigiata*, *Stemphylium piriforme*, *Sporothrix schenckii*, *Aureobasidium pullulans*, *Cephalosporium curtipes* et les mycéliums foncés stériles. De ces espèces, *A. fischeri*, *S. piriforme* et *C. curtipes* n'ont été obtenues qu'une seule fois, à partir de la 19ème semaine. Les mycéliums hyalin et foncé stériles ont été aussi isolés pendant la seconde période mais avec une plus grande fréquence. Une nette baisse de fréquence d'isolement des champignons a été observée vers la 16ème semaine (Fig. 2). Elle est due à la diminution des espèces constantes et des espèces de la première période.

Sporobolomyces roseus n'a été isolé qu'à la 16ème semaine avec une fréquence très faible. On a reconnu aussi des espèces tardives à partir de la 19ème semaine : *Talaromyces flavus*, *Candida albicans*, *Cylindrocarpon candidum*, *Myrothecium verrucaria*, *Stigmella effigurata*, *Graphium* sp., les mycéliums hyalins stériles et les mycéliums foncés stériles. Vers la fin de l'étude, de la 40ème à la 47ème semaine, on a observé une nouvelle baisse de fréquence d'isolements des espèces constantes mais cette baisse est moins accentuée que la première par augmentation des isolements des Basidiomycètes (Tab. 2 et Fig. 2).

Les Bactéries sont obtenues pendant toute la durée de l'expérience mais on a aussi observé une diminution de fréquence d'isolements de la 16ème à la 26ème semaine, avec un minimum vers la 19ème à 26ème (Tab. 2 et Fig. 2).

Les Basidiomycètes ont été isolés de la surface à partir du moment où les autres champignons diminuent et à la fin de la seconde période, en surface et en profondeur.

Les symptômes observés tout au long de la colonisation ont été : le bleuissement, la pourriture molle et la pourriture blanche à la fin de l'expérience. Certaines des souches de Basidiomycètes isolées sont, sans doute, celles qui produisent la pourriture blanche.

Zone de la base

Les organismes pionniers de la colonisation ont été : *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum*, *Stemphylium piriforme*, *Fusarium* spp., *Sporothrix schenckii*, *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp. et des bactéries.

Fusarium spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma viride*, *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum* et des bactéries ont été isolées pendant toute la durée de l'expérience.

D'autres espèces ont été rencontrées entre la 1ère et la 19ème semaine : *Aspergillus fischeri*, *Sporothrix schenckii*, *Stemphylium piriforme*. Les mycéliums hyalin et foncé stériles sont également présents à cette époque mais leur fréquence s'élève pendant la seconde période. Une nette baisse de fréquence d'isolements de champignons a été observée vers la 13ème-19ème semaine

(Fig. 2) et intéresse les espèces constamment présentées pendant la première période. *Sporobolomyces roseus* et *Phialophora fastigiata* n'ont été isolés qu'à cette époque et avec une fréquence très faible.

On a reconnu aussi des espèces tardives obtenues à partir de la 19ème semaine : *Cylindrocarpon candidum* et *Graphium* sp. Vers la fin de l'étude, à la 40ème semaine, on a observé une nouvelle baisse de fréquences des isolements concernant les espèces constantes, mais cela est quantitativement moins accentué du fait de l'abondance des Basidiomycètes (Tab. 3 et Fig. 2).

Les Bactéries ont été isolées pendant toute la durée de l'expérience mais on a aussi observé une diminution des fréquences d'isolement de la 16ème à la 26ème semaine, avec un minimum à la 19ème (Tab. 3 et Fig. 2).

Comme dans les deux zones précédentes, les Moniliacées ont été isolées avec la plus grande fréquence. Par contre les Dématiacées sont plus rares.

Les Basidiomycètes apparaissent très tôt (à la 5ème semaine) pendant la première période en surface et en profondeur et tardivement pendant la seconde période.

Les symptômes observés tout au long de la colonisation ont été : le bleuissement à partir de la 6ème semaine, la pourriture brune cubique et la pourriture blanche vers la fin de l'expérience.

Dans les trois zones, les moisissures et les espèces produisant soit le bleuissement, soit les pourritures molle, brune ou blanche, n'ont pas été isolées dans l'ordre de succession signalé par plusieurs auteurs (CORBETT & LEVY, 1963; BUTCHER, 1968; BANERJEE & LEVY, 1971).

2. — Variations de la distribution et caractéristiques de la communauté colonisatrice de chaque zone.

La distribution de la communauté colonisatrice des champignons a été étudiée grâce à l'analyse factorielle, selon le programme Lisa 3000 (SCHWAR, 1981).

La variation totale est entièrement expliquée par cinq facteurs, ce qui prouve l'existence d'une bonne corrélation entre variables. De cette manière, leur nombre initial a été réduit à cinq facteurs ou composants, qui représentent des familles de variables corrélées. On a analysé les deux premiers facteurs qui représentent 82,2 % de la variation totale. Le premier accumule 70,66 % de la variation et représente les fréquences d'isolements de tous les taxa isolés chaque semaine. Le second (11,5 % de la variation) représente la distribution dans le temps des fréquences d'isolements (Fig. 3).

L'abscisse d'un point-variable sur un axe factoriel est le coefficient de corrélation de cette variable avec le facteur correspondant; c'est-à-dire que les points situés dans le cadre centré à l'origine sont sans corrélation significative avec les facteurs. Une proximité plus ou moins grande entre deux points (fréquence d'isolement d'une semaine, d'une zone) signifie que ces deux variables sont plus ou moins corrélées, et ceci d'autant plus que les points variables sont plus

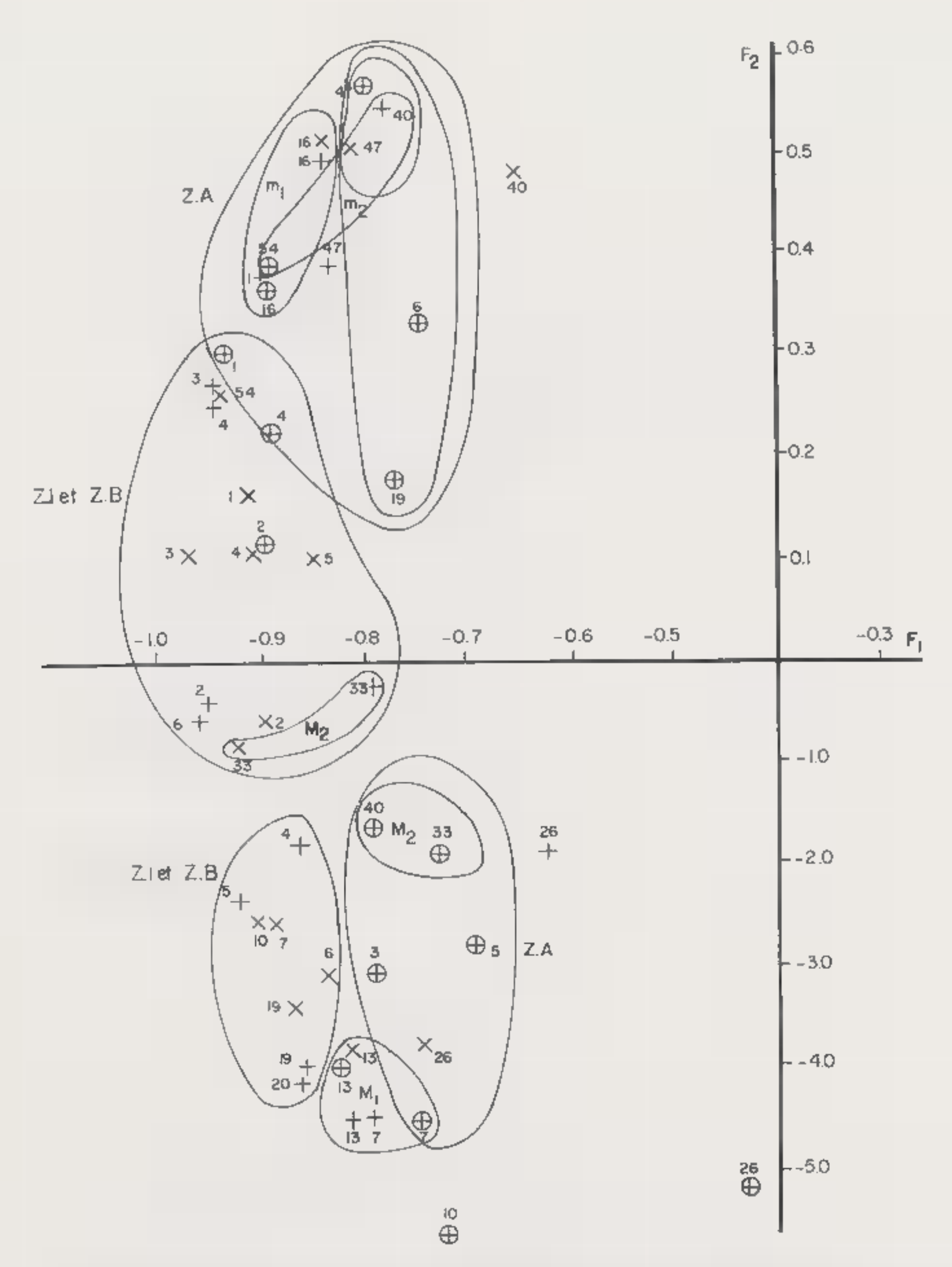


Fig. 3. – Ordination, sur les deux premiers facteurs, des fréquences d'isolements par semaines dans les zones aérienne (⊕), intermédiaire (x) et la base (+) des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* enterrées. Les points encerclés représentent les semaines ayant les fréquences d'isolation maximales (M_1, M_2) et minimales (m_1, m_2). Les cercles ZA, ZI et ZB représentent les semaines corrélées.

Fig. 3. – Ordination, on the first two principal factors, of fungal isolation frequencies in the aerial zone (⊕), ground line zone (x) and below ground zone (+). The ringed points represent the week with the maximal (M_1, M_2) or minimal (m_1, m_2) isolation frequencies. ZA, ZI and ZB rings represent the correlated weeks.

éloignés de l'origine (LÉBART & FÉNELON, 1975). Une proximité entre deux points donnés signifie donc que les semaines correspondantes ont un même comportement à l'égard des 48 variables analysées.

Ainsi, le second facteur met en évidence les semaines correspondant aux fréquences maximales d'isolements (dans le quadrant inférieur) ou aux fréquences minimales (dans le quadrant supérieur). Les fréquences maximales de la première période, obtenues à la 13ème semaine, dans les trois zones, restent groupées avec une corrélation supérieure à 0,92. Les fréquences minimales d'isolements de la même période, obtenues à la 16ème semaine ont aussi une corrélation élevée, supérieure à 0,96.

Le comportement de la fréquence minimale d'isolement dans la zone aérienne, à la 19ème semaine, est différent et cette fréquence n'est pas en corrélation avec les fréquences minimales des zones intermédiaire et de la base, à la 16ème semaine.

Pendant la seconde période, les fréquences maximales d'isolements des zones intermédiaire et de la base forment un groupe à la 33ème semaine avec une corrélation de 0,86. Par contre, la fréquence maximale de la zone aérienne forme un autre groupe qui n'est pas en corrélation avec le précédent.

De même, il existe une corrélation élevée entre la fréquence minimale d'isolement des deux périodes : à la 16ème semaine de la première période dans les zones intermédiaire et de la base et à la 40ème semaine de la seconde période dans la zone de la base ainsi qu'à la 47ème semaine de la même période dans les zones aérienne et intermédiaire.

Dans le premier facteur, on ne distingue pas de différence dans la communauté colonisatrice des trois zones : bien qu'il accumule 70,66 % de l'information, il ne différencie pas les zones. Ceci laisse supposer que les communautés colonisatrices se ressemblent.

DISCUSSION

1. — Comparaison de la colonisation des trois zones.

Si l'on compare la colonisation des trois zones de l'éprouvette, on trouve certaines similitudes :

— 50 % approximativement des taxa ont été isolés avec une faible fréquence et sans régularité, on peut les considérer comme des espèces accidentelles.

— Les organismes colonisateurs constamment isolés sont pour un grand nombre d'entre eux des pionniers de la colonisation, ce sont les mêmes dans les 3 zones : *Fusarium* spp., *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp., *Alternaria humicola*, *Cladosporium herbarum* et les Bactéries.

— Certaines espèces précoces sont communes aux trois zones : *Aspergillus fischeri*, *Sporothrix schenckii* et *Stemphylium piriforme*, *Phialophora fastigiata* et *Aureobasidium pullulans* sont limitées aux zones aériennes et intermédiaires.

– *Graphium* sp. est l'espèce tardive commune aux trois zones ainsi que les mycéliums hyalins stériles et, bien que moins représentatifs, *Stigmella effigurata*, *Cylindrocarpon candidum* et les mycéliums foncés stériles sont communs à la zone intermédiaire et à celle de la base.

– Dans la distribution temporelle des organismes isolés, les champignons apparaissent en deux périodes : l'une comprise entre la 1ère et la 16ème semaine, est caractérisée par un ensemble d'espèces précoces. Elle est suivie d'une brusque diminution des isolements. La seconde période est caractérisée par un petit nombre d'espèces tardives, et suivie d'une nouvelle diminution, moins marquée, de la flore colonisatrice, vers les 40ème et 47ème semaines. Les Bactéries présentent elles aussi deux phases d'accroissement comme les champignons : la première période se termine entre la 16ème et la 19ème semaine, avec une diminution des isolements qui se prolonge jusqu'à la 26ème semaine dans la zone aérienne et vers la 19ème semaine dans les deux autres zones; la deuxième phase d'accroissement n'est pas terminée en fin d'expérience dans la zone intermédiaire tandis qu'une faible décroissance apparaît dans les zones aérienne et de la base, lors du dernier prélèvement.

– Les Basidiomycètes sont présents dans les trois zones : au début de la colonisation, ils ont été isolés de la zone aérienne et de celle de la base. Ils ont encore été isolés au moment où diminuent les autres champignons et également vers la fin de l'expérience dans les zones intermédiaire et de la base alors que des fructifications de *P. abietinus* sont observées dans la zone aérienne.

Cependant, la colonisation des trois zones présente également quelques différences :

– Les Dématiacées sont beaucoup plus fréquentes dans la zone aérienne que dans la zone intermédiaire et la base.

– Quelques espèces, parmi lesquelles *Phoma glomerata* est la plus représentée, apparaissent seulement dans la zone aérienne.

– D'autres espèces: *Stigmella effigurata*, *Talaromyces flavus*, *Cephalosporium curtipes*, *Candida albicans*, *Phialophora fastigiata*, *Aureobasidium pullulans* et *Basipetospora rubra* diminuent de la zone aérienne vers la zone intermédiaire, et celle de la base. Par contre, les mycéliums hyalins stériles augmentent.

– Bien que les champignons et bactéries aient une distribution périodique dans les trois zones de l'éprouvette, on observe en même temps un certain décalage entre la zone aérienne d'une part, la zone intermédiaire et la base d'autre part, lorsque diminuent les isolements (Fig. 2).

Ainsi, certaines différences avec les schémas de colonisation proposés par de précédents auteurs apparaissent. BUTCHER (1968), BANERJEE & LEVY (1971) soutiennent que dans la zone aérienne, la succession ne dépasse pas le stade moisissure, ce qui n'a pas été le cas dans cette étude. En effet, les Basidiomycètes ont été isolés aux 5, 7, 19 et 26ème semaines, et les carpophores de *Polyporus abietinus* ont couvert la partie aérienne de l'éprouvette à la 54ème semaine. Les seuls symptômes observés ont été le bleuissement, et la pourriture

blanche associée à *P. abietinus*. Les espèces qui produisent la pourriture molle ont été isolées, mais le symptôme n'a pas été observé, du moins pendant la première période. Ceci est probablement en relation avec des conditions d'humidité faible. De plus, ce symptôme a pu être caché par le bleuissement produit par ces mêmes champignons (KAARIK, 1974).

Dans la zone intermédiaire où sont signalés les stades de moisissure, de pourriture molle et de Basidiomycètes (CORBETT & LEVY, 1963; BUTCHER, 1968, BANERJEE & LÉVY, 1971), nous avons aussi isolé les espèces qui produisent le bleuissement (*A. pullulans, Ph. fastigiata, C. herbarum* et *A. humicola*). Les Basidiomycètes ont été isolés pour la première fois à la 19ème semaine dans la région superficielle de cette zone en même temps que d'autres espèces (*Talaromyces flavus, Alternaria humicola, Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma viride, Cladosporium herbarum*). Sans doute cet isolement tardif comparé à ceux de la zone aérienne et de la base, est-il dû à la compétition, dans les couches superficielles du bois, avec d'autres espèces (*Phialophora* sp., *Trichoderma viride, Aureobasidium pullulans*) qui produisent la pourriture molle. Ce n'est que dans cette zone que ce type de pourriture a été observé, cependant les espèces qui produisent cette altération n'ont pas été particulièrement dominantes.

D'autre part, BUTCHER (1968) soutient que dans la zone intermédiaire, la colonisation par Basidiomycètes serait favorisée par réduction du nombre d'autres organismes et en conséquence par l'augmentation d'espace disponible, et non seulement par les conditions de plus grande humidité. Toutefois, comme le suggère SHARP (1975), la microstructure du bois permet d'éliminer les limitations possibles de l'espace, qui sont supposées agir sur les organismes colonisateurs, ainsi que de minimiser la compétition. Dans la zone de la base on a aussi isolé des espèces produisant le bleuissement; les Basidiomycètes ont été rapidement obtenus pendant les 5ème et 7ème semaines, contrairement à ce que soutient BUTCHER dans le schéma de colonisation qu'il propose.

Ainsi, la pourriture blanche n'est pas forcément tardive. On la voit tardivement car, même en culture pure, il lui faut 3-4 semaines pour décolorer le milieu (MANGENOT, com. pers.). La pourriture blanche apparaît quelques semaines seulement après que le bois ait été exposé à l'air (MANGENOT, com. pers.).

Il existe des interactions des espèces avec le substrat (modification du pH, augmentation de la teneur en azote, altération des composants structuraux du bois et libération de composants solubles) et des espèces entre elles, plusieurs interactions ayant été étudiées en milieu de culture (MANGENOT, 1952; BUTCHER, 1971; MERCER, 1982). Cependant il est probable que ces interactions ne conduisent pas à l'entrée de certaines espèces, et à l'élimination d'autres, pour arriver à une communauté climax de forme linéaire. Sans doute, d'autres facteurs locaux agissent-ils aussi sur le schéma de colonisation, tel le type d'inoculum disponible (CARRUTHERS & RAYNER, 1979) et des conditions ambiantes spécifiques.

2.– Rythme de la colonisation

Dans le cas de la colonisation des morceaux de bois d'*A. religiosa* que nous décrivons, la colonisation a suivi un rythme périodique pour les espèces de Moniliacées et de Dématiacées qui ont été le plus souvent isolées et ce rythme se vérifie aussi si l'on considère tous les champignons confondus. Les Bactéries par contre, présentent une distribution des fréquences d'isolement (Fig. 2) presque identique dans les trois zones.

Quant aux relations entre la distribution des fréquences d'isolement des Bactéries et des champignons, on observe que pendant la première période, le maximum des Bactéries, dans la zone intermédiaire et la base, coïncide avec le minimum de colonisation par les champignons. Il en est presque de même dans la zone aérienne. Les fréquences d'isolements des Bactéries gardent des valeurs faibles jusqu'à la 26ème semaine, alors que les champignons ont atteint des fréquences élevées. C'est seulement dans la zone aérienne que la diminution des Bactéries coïncide avec celle des champignons entre les 16ème et 19ème semaines. A cette exception près, on peut constater que, au cours de la première moitié de l'expérience, la décadence des champignons coïncide avec une expansion des bactéries. Cette règle apparaît moins clairement pendant la seconde période, bien que les fréquences élevées d'isolement des Bactéries coïncident souvent avec la fin de la seconde période de colonisation par champignons. Ces relations d'alternance sont en accord avec les observations précédentes sur la litière (MANGENOT, 1980).

Dans le cas de «El Desierto de Los Leones», la première hypothèse qui se présente est que la distribution des fréquences d'isolements des champignons, dans les trois zones, est sous la dépendance des facteurs climatiques et, en particulier, de la distribution des précipitations pluviales au cours des laps de temps précédant les dates des prélèvements.

SINGER & DA SILVA ARAUJO (1979) ont observé une augmentation du nombre de carpophores de champignons lignicoles et terricoles causée par les pluies tombées pendant les périodes précédant le prélèvement des carpophores. HAYES (1982) a noté une grande corrélation entre la pluviométrie des périodes précédant le prélèvement et le volume de la communauté microbienne (champignons et bactéries) du phylloplan de *Rosa* sp.

Les précipitations pendant la saison des pluies de 1976, dans l'aire étudiée, ont subi une déviation positive par rapport aux autres années (GARCIA & HERNANDEZ, 1982) et ont été abondantes même en octobre (276,2 mm). Dans ce climat, les précipitations sont quotidiennes et régulières pendant toute la saison. D'autre part, les sols de cette surface se caractérisent par un bon drainage et une humidité persistant toute l'année, c'est-à-dire qu'ils possèdent une bonne capacité au champ.

Pourtant, à partir du moment où les éprouvettes ont été enterrées (Octobre), jusqu'à la 13ème semaine, les conditions de sécheresse (Fig. 1) pourraient avoir affecté les communautés de champignons et de bactéries, provo-

quant une forte diminution de la fréquence d'isolement. A partir de ce moment, certaines espèces de champignons n'ont plus été isolées, probablement parce que la modification du substrat leur est devenu moins favorable. Cette diminution rend possible l'isolement des Basidiomycètes, mais l'on peut supposer qu'ils étaient déjà présents et développés dans le bois. Quant aux bactéries, elles ont la réputation d'être favorisées par les milieux humides, et de s'autolyser en milieux secs.

L'augmentation de la pluviométrie, entre la 19ème (Mars) et la 26ème semaine (Avril), pourrait avoir stimulé le développement de la flore mycologique colonisatrice, mais non celui des bactéries.

Les précipitations qui ont suivi, et qui se sont prolongées jusqu'en Septembre, ont permis, aussi bien aux communautés colonisatrices de champignons qu'à celles des bactéries, de se développer.

Certaines espèces de champignons n'ont été isolées que pendant cette période, veau vers la fin de l'expérience, un peu plus tôt dans la base de l'éprouvette, à cause, peut être, de l'excès d'humidité provoqué par les précipitations continues et peut être, de l'excès d'humidité provoqué par les précipitations continues et abondantes (AGERER & KOTTKE, 1981) qui n'ont pas affecté les Bactéries colonisatrices (HAYES, 1982).

En tout cas, les Basidiomycètes colonisateurs de bois ont cependant été isolés pendant ces semaines, à l'exception de la zone aérienne où *P. abietinus* a fructifié.

L'isolement de certaines souches de Basidiomycètes dès la 5ème semaine et pendant les semaines où les autres espèces diminuent, sans doute pour les raisons données précédemment, permet de supposer comme il fallait s'y attendre, que non seulement les Basidiomycètes sont des colonisateurs précoces (HUDSON, 1968), mais aussi qu'ils développent un inoculum abondant dans des conditions où les autres champignons dont les niches sont moins spécifiques, semblent ne pas être favorisés. En effet, il paraît évident que les Basidiomycètes ne commencent la colonisation et la pourriture que si l'humidité du milieu est supérieure au point de saturation des fibres (fiber saturation point) (SWIFT & al., 1979). LOPEZ-REAL & SWIFT (1975) ont trouvé qu'en dessous de 35 % d'humidité du bois, le développement des Basidiomycètes à l'intérieur des cellules est interrompu. La pourriture une fois commencée, les effets de l'humidité sont cependant moins apparents, même dans des conditions d'humidité atmosphérique relativement basses, à cause de la génération de grandes quantités d'eau métabolique produite par l'hydrolyse des polysaccharides (PETERSON & COWLING, 1973).

CONCLUSION

— La colonisation des éprouvettes de bois d'*Abies religiosa* par les champignons est caractérisée par l'existence de deux périodes peut-être liées, entre

autres facteurs, aux précipitations et aux changements du substrat, lors des semaines précédant le prélèvement des éprouvettes.

– Dans toutes les zones on a reconnu la présence d'espèces qui produisent le bleuissement, les pourritures molle, brune et blanche. Le bleuissement est apparu au cours de la première période et les pourritures à partir de la seconde.

– Les espèces isolées de la surface, ont aussi été isolées de la région profonde de l'éprouvette, ce qui élimine la possibilité de contamination des éclats, incubés en milieu de culture, par les espèces non colonisatrices.

– La colonisation est sélective et les fréquences d'isolement des espèces reflètent leurs aptitudes colonisatrices, les interactions entre elles-mêmes au sein du bois, et sous l'influence du milieu ambiant, mais aussi la disponibilité et le type d'inoculum.

– Les espèces isolées coïncident en général avec celles trouvées par d'autres chercheurs mais leur ordre d'apparition, c'est-à-dire le schéma de colonisation, diffère.

– Les Basidiomycètes ont été rapidement isolés : très tôt dans les zones aérienne et de la base et un peu plus tard dans la zone intermédiaire. C'est la raison pour laquelle le processus de pourriture commence dès les premiers stades de la colonisation bien qu'il ne se manifeste que plus tard.

– Les résultats de nos expériences montrent que, sur les bois enterrés, la colonisation par champignons ne correspond pas à une succession régulière et constante des différentes espèces. Les stades sériels traditionnels sont capables de coexister tout au long du processus.

– Il existe une succession, dans le temps, des symptômes d'altération du bois (bleuissement, pourritures molle, brune, et blanche) pendant la période de colonisation étudiée, même si, en général, la pourriture blanche ne succède pas nécessairement à la pourriture brune. Elles ne concernent pas la même niche.

BIBLIOGRAPHIE

AGERER R. und KOTTKE I., 1981 – Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern in Naturpark Schönbuch. *Z. Mycol.* 47 : 103-122.

BANERJEE A.K. and LEVY J.F., 1971 – Fungal succession in wooden fence posts. *Material und Organismen* 6 : 1-25.

BETTUCCI L., 1983 – Colonisation de bois d'*Abies religiosa*. Thèse Doct. État, Université de Nancy, 182 p.

BUTCHER J.A., 1968 – The ecology of fungi infecting untreated sapwood of *Pinus radiata* D. Don. *Canad. J. Bot.* 46 : 1577-1589.

BUTCHER J.A., 1971 – Techniques for the analysis of fungal flora in wood. *Material und Organismen* 6 : 209-232.

CARRUTHERS S.M. and RAYNER A.D., 1979 – Fungal communities in decaying hard-

wood branches. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 72 : 283-289.

CORBETT N.H. and LEVY J.F., 1963 – Ecological studies on fungi associated with wooden fence posts. British Wood Preserving Association. News Sheet 27 : 1-3; 28 : 1-10.

GARCIA E., 1973 – Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Tesis, Instituto de Geografia (Universidad Nacional Autónoma de México) México, 246 p.

GARCIA E. and HERNANDEZ M.E., 1982 – Precipitation anomalies in the basin of Mexico. *In* : Geographical Topics of Mexico City and its environs, (Latin American Regional Conference) 1982, Igu (Brasil) : 1-10.

GARRETT S.D., 1963 – Soil fungi and soil fertility. Oxford, Pergamon, 165 p.

HAYES A.J., 1982 – Phylloplane micro-organisms of *Rosa* cv. Picadilly following infection by *Diplocarpon rosae*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 79 : 311-319.

HUDSON H.J., 1968 – The ecology of fungi on plant remains above the soil. *New Phytol.* 67 : 837-874.

KAARIK A., 1967 – Colonisation of pine and spruce poles by soil fungi after six months. *Material und Organismen* 2 : 97-108.

KAARIK A., 1968 – Colonization of pine and spruce poles by soil fungi after twelve and eighteen months. *Material und Organismen* 3 : 185-189.

KAARIK A., 1974 – Decomposition of wood. *In* : DICKINSON C.H. & PUGH G.J.F., *Biology of plant litter decomposition*. London, Academic Press, I : 129-174.

KUHLMAN E.G. and HENDRIX F.F., 1962 – A selective medium for the isolation of *Fomes annosus*. *Phytopathology* 52 : 1310-1312.

LEBART L. et FENELON J.P., 1975 – Statistique et informatique appliquée. Paris, Dunod, 439 p.

LEVY J.F., 1982 – The place of Basidiomycetes in the decay of wood in contact with the ground. *In* : FRANKLAND J.C., HEDGER J.N. & SWIFT M.J., *Decomposer Basidiomycetes : their biology and ecology*. London, Cambridge University Press : 161-178.

LOPEZ-REAL J.M. and SWIFT M.J., 1975 – The formations of pseudosclerotia («zone lines») in wood decayed by *Armillaria mellea* and *Stereum hirsutum*. II - Formation in relation to the moisture content of the wood. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 64 : 473-481.

MANGENOT F., 1952 – Recherches méthodiques sur les champignons de certains bois en décomposition. Thèse Doct. État, Faculté des Sciences de Nancy, 117 p.

MANGENOT F., 1980 – Les litières forestières; signification écologique et pédologique. *Rev. Forest. Fr.* 32 : 339-355.

MERCER P.C., 1982 – Basidiomycete decay of standing trees. *In* : FRANKLAND J.C., HEDGER J.N. & SWIFT M.J., *Decomposer Basidiomycetes : their biology and ecology*. London, Cambridge University Press : 143-160.

MERRILL W. and FRENCH D.W., 1966 – Colonization of wood by soil fungi. *Phytopathology* 56 : 301-303.

PETERSON C.A. and COWLING E.B., 1973 – Influence of various initial moisture contents on decay of Sitka spruce and Sweetgum sapwood by *Polyporus versicolor* in the soil block test. *Phytopathology* 63 : 235-237.

RUSSELL P., 1956 – A selective medium for the isolation of Basidiomycetes. *Nature* 177 : 1038-1039.

SCHWAR J.P., 1981 – LISA 3000 Program. Lafayette College-Computer-Center, Easton.

SHARP R.F., 1975 – The microbial colonization of some woods of small dimensions buried in soil. *Canad. J. Microbiol.* 21 : 784-793.

SHARP R.F. and LEVY J.F., 1973 — The isolation and ecology of some wood colonizing microfungi using a perfusion culturing technique. *Material und Organismen* 8 : 189-213.

SINGER R. and DA SILVA ARAUJO J., 1979 — Litter decomposition and ectomycorrhiza in Amazonian forests. *Acta Amazonica* 9 : 25-41.

SWIFT M.J., HEAL O.W. and ANDERSON J.M., 1979 — Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford, Blackwell, 372 p.

SWIFT M.J., 1982 — Basidiomycetes as components of forest ecosystems. *In* : FRANKLAND J.C., HEDGER J.N. & SWIFT M.J., *Decomposer Basidiomycetes : their biology and ecology*. London, Cambridge University Press : 307-337.

WARCUP J.H., 1965 — Growth and reproduction of soil micro-organisms in relation to substrate. *In* : BAKER K.F. & SNYDER W.C., *Ecology of soil-borne plant pathogens*. Berkeley and Los Angeles, University of California Press : 52-60.